

数字孪生技术在现代化水利工程中的应用

李想¹ 陈俊杰²

1 吉林省水利水电勘测设计研究院 2 中水东北勘测设计研究有限责任公司

DOI:10.12238/hwr.v8i5.5431

[摘要] 水利工程作为国民经济的重要基础设施,对于保障水资源安全、促进经济社会可持续发展具有重要意义。然而,传统的水利工程建设和管理方式往往存在效率低下、资源浪费等问题。随着数字化、智能化技术的不断发展,数字孪生技术应运而生,为水利工程的建设和管理提供了新的思路和方法。本文旨在探讨数字孪生技术在现代化水利工程中的具体应用,并展望其未来的发展趋势和前景。

[关键词] 数字孪生技术; 现代化水利工程; 应用措施

中图分类号: TV **文献标识码:** A

Application of Digital Twin Technology in Modern Water Conservancy Project

Xiang Li¹ Junjie Chen²

1 Jilin Water Conservancy and Hydropower Survey and Design Institute

2 Zhongshui Northeast Survey and Design Research Co., Ltd

[Abstract] As an important infrastructure of the national economy, water conservancy project is of great significance for ensuring the safety of water resources and promoting sustainable economic and social development. However, the traditional water conservancy project construction and management methods often have problems such as low efficiency and waste of resources. With the continuous development of digital and intelligent technology, digital twin technology came into being, which provided new ideas and methods for the construction and management of water conservancy projects. The purpose of this paper is to discuss the concrete application of digital twin technology in modern water conservancy projects, and look forward to its future development trend and prospect.

[Key words] digital twinning technology; In modern water conservancy projects; Application measures

引言

随着科技的不断进步,水利工程作为重要的基础设施,正面临着前所未有的挑战和机遇。其中数字孪生技术作为一种新型的信息技术手段,为水利工程的设计、施工、运行管理等各个环节提供了全新的解决方案。本文将重点探讨数字孪生技术在现代化水利工程中的应用,以期为我国水利事业的发展提供有益的参考。

1 数字孪生技术概述

数字孪生技术是一种将物理世界与虚拟世界相结合的新型技术,在运用中利用物理模型、传感器更新、运行历史等数据,集成多学科、多物理量、多尺度、多概率的仿真过程,在虚拟空间中完成映射,从而反映相对应的实体装备的全生命周期过程。数字孪生技术可以被视为一个或多个重要的、彼此依赖的装备系统的数字映射系统,它可以在虚拟环境中对实体产品进行镜像,从而实现对实体产品的全生命周期的模拟、监控、预测和优化。

数字孪生技术的应用范围非常广泛,能够在产品设计、产品制造、医学分析、工程建设等众多领域中有效运用。在水利工程领域,数字孪生技术可以实现对水利工程的数字化建模、仿真分析、在线监测和预测等功能,为水利工程的设计、施工和运行管理提供有力的技术支持。

2 数字孪生技术在现代化水利工程中的应用

2.1 水利工程设计优化

数字孪生技术在水利工程设计阶段扮演着至关重要的角色,为设计工作指引方向。传统的水利工程设计主要依赖经验和手工计算,这种方式在面对水流动态、地形地貌、水质条件等复杂因素时,往往显得力不从心,难以做到全面、深入地考量。数字孪生技术出现在会后,借助于精细的三维模型,数字孪生技术能够高度逼真地模拟真实世界中的水流行为,如流向、流速、涡流等复杂现象,让工程师们仿佛置身于真实的水利工程环境中。借助数字孪生技术工程师们可以在设计阶段进行详尽的模拟与仿真,以这些模拟与仿真为基础,工程师们能够对设计的合理性进

行准确评估。比如在水库设计中,能够模拟水库在不同水位下的水流状态,精准地预测可能出现的冲刷、淤积等问题,进而对水库的坝体结构、溢洪道设计等进行细致入微的优化,确保水库的安全与稳定。在水电站设计中,能够模拟水轮机的运行状态,科学地评估其水力性能,从而对水轮机的设计与选型进行精益求精的优化,提高水电站的发电效率。

数字孪生技术能够对水体的质量、水温等复杂因素进行模拟,模拟不同水质条件下的水流状态,工程师们能够评估水质对水利工程的影响,并采取相应措施保障水质安全。数字孪生技术还能模拟水温的变化对水流和水体环境的影响,为设计提供更全面的参考依据,让设计更加完善。

2.2 水利设备实时监测与预警

在水利设备运行过程中数字孪生技术发挥着极为重要的实时监测与预警作用。借助于集成传感器、物联网等先进技术,数字孪生系统能够实时获取水利设备的运行状态数据,包括水位、流量、压力、温度等关键参数,时刻关注着水利设备的一举一动。在检测过程中一旦这些参数出现异常,数字孪生系统能够立即发出预警信号,提醒人们注意。通过深入的数据分析与精准的模型仿真,数字孪生系统能够提供详细的故障分析与诊断,能够准确地找出问题的根源。这种实时的预警和诊断功能,使运维人员能够迅速定位问题所在,并及时采取相应措施进行修复。数字孪生技术还能模拟灾害场景,如洪水、干旱等极端天气条件,采用模拟灾害对水利设备的影响,系统能够提前预测可能出现的风险和问题,并为相关部门提供精准的预警信息,提前预知未来的危险。相关部门就能提前采取有效的防灾措施,最大程度减少灾害对水利设备的影响和损失,抵御着灾害的侵袭。数字孪生技术的实时监测与预警功能提高了水利设备的安全性和可靠性,还为运维人员提供了更为便捷、高效的管理手段,帮助运维人员更好地管理水利设备。在实时监测和预警的帮助下运维人员能够及时发现并解决问题,确保水利设备的正常运行,让水利设备能够安全与稳定。

2.3 水利工程施工仿真与预测

在水利工程施工阶段数字孪生技术起着不可或缺的关键作用。水利工程施工通常涉及复杂的工程结构和繁琐的施工流程,如土方开挖、混凝土浇筑、设备安装等,这些过程不仅耗时费力,而且风险较高。数字孪生技术借助于构建虚拟的施工环境,能够高度逼真地模拟这些复杂的施工过程,为施工人员提供重要的指导与支持。数字孪生技术能够模拟土方开挖的过程,精准地预测开挖后的地形地貌变化,以及可能对周围环境产生的影响。采用模拟的方式,施工人员能够提前发现潜在的地质问题,如滑坡、坍塌等,并采取相应措施进行有效预防。数字孪生技术能够模拟混凝土浇筑的过程,准确地预测混凝土的流动性和凝固时间,以及可能产生的裂缝和变形等问题。采用模拟的方式,施工人员能够优化混凝土的配比和浇筑工艺,确保混凝土的质量和强度。数字孪生技术还能模拟设备安装的过程,预测设备在安装过程中可能遇到的困难和问题。采用模拟的方式,施工人员能够

提前制定安装方案,最大程度减少安装过程中的错误和延误。

在施工过程中,数字孪生技术还能提供实时的工程数据和监控信息,时刻关注着施工现场的情况。采用集成传感器和物联网技术,数字孪生系统能够实时监测施工现场的各项参数,如温度、湿度、风速等,并将这些数据与虚拟模型进行实时同步。在这样的背景下,施工人员能够及时了解施工现场的实际情况,并根据实际需要调整施工方案。

数字孪生技术能够帮助施工人员提前发现潜在问题,优化施工方案,降低施工风险和成本,显著提高施工效率和质量,建造出一座又一座坚固、美观的水利工程。

2.4 水利工程运维决策支持

在水利工程运维阶段,数字孪生技术同样发挥着重要作用,为运维人员提供着宝贵的建议和决策依据。采用实时监测水利工程的运行状态和各项指标,数字孪生系统能够为运维人员提供全面、详细的数据支持和决策依据。数字孪生系统能够实时监测水利工程的水位、流量、压力、温度等关键参数,并将这些数据与虚拟模型进行实时同步。对比实际数据与模拟数据,运维人员能够及时了解水利工程的运行状况,并发现潜在的问题和隐患。数字孪生系统能够预测水利工程的未来运行趋势,能够预知未来的发展方向。基于历史数据和模拟结果,系统能够建立精准的预测模型,对水利工程的运行情况进行科学预测和分析。运维人员能够提前了解水利工程的运行情况,并制定相应的运维计划和措施,为未来做好充分的准备。在洪水管理中数字孪生系统的应用尤为突出,在洪水面前展现出强大的威力。采用洪水的演进过程的方式,系统能够预测洪水的影响范围和程度,为防洪减灾提供有力的支持。运维人员能够根据模拟结果,制定相应的防洪措施和应急预案,确保水利工程在洪水期间的安全运行,抵御着洪水的侵袭。数字孪生系统还能与其他智能技术相结合,如GIS系统、物联网技术等。集成这些技术,系统能够获取更多的实时数据和信息,为运维人员提供更全面、更准确的决策支持,犹如一座高效的信息处理中心。

通过实时监测和预测分析,数字孪生系统能够为运维人员提供全面的数据支持和决策依据,帮助他们更好地管理和控制水利工程,确保水利工程的安全、高效运行。

3 数字孪生技术在水利工程中的应用前景

随着科技的快速发展,水利工程作为支撑社会发展的重要基础设施,其设计、施工、运维等各个环节都在寻求更高效、更精准的管理手段。数字孪生技术以其独特的优势,为水利工程的发展提供了新的可能。

3.1 提高设计效率和质量

数字孪生技术通过构建精细的三维模型和仿真环境,能够全面、准确地模拟和分析水利工程的运行情况。这种模拟不仅涉及水流、水位等水力学参数,还包括工程结构、材料、施工工艺等多个方面。工程师们可以在虚拟环境中进行多种方案的比较和优化,提前发现潜在问题并进行改进,从而大大提高设计效率和质量。

水利工程设计中往往存在许多不确定因素,如地质条件、气候环境等。这些因素可能导致设计方案的不稳定或失败。数字孪生技术可以通过模拟这些因素的变化和影响,评估设计方案的风险和不确定性。工程师们可以根据模拟结果调整设计方案,降低设计风险,确保工程的安全和稳定。

数字孪生技术的应用不仅提高了设计效率和质量,还推动了设计创新。工程师们可以利用数字孪生技术进行多种创新尝试,如采用新材料、新工艺等,以寻求更优的设计方案。这种创新尝试可以在虚拟环境中进行,无需实际投入大量资源,大大降低了创新成本。

3.2 实现智能化运维管理

数字孪生技术可以通过集成传感器和物联网技术,实时监测水利工程的运行状态和各项指标。一旦这些指标出现异常,数字孪生系统可以立即发出预警,并提供详细的故障分析。运维人员可以根据预警信息快速定位问题并进行修复,确保工程的安全和稳定运行。

数字孪生系统可以基于历史数据和实时数据,利用大数据分析、人工智能等技术进行预测和决策支持。例如,在洪水管理中,数字孪生系统可以模拟洪水的演进过程,预测洪水的影响范围和程度,为防洪减灾提供有力的支持。运维人员可以根据预测结果制定相应的应急预案和措施,降低灾害损失。

随着数字孪生技术的不断发展,水利工程运维管理将逐渐实现自动化。数字孪生系统可以自动完成设备的巡检、维护、故障诊断等任务,降低运维人员的工作负担。同时,数字孪生系统还可以与其他智能技术相结合,如机器人技术、无人机技术等,实现远程监控和自动化操作,提高运维效率和安全性。

3.3 促进产业融合和创新发展

在智慧城市建设过程中,数字孪生技术可以将水利工程与城市交通、能源、环保等系统进行有机融合。通过构建城市级的数字孪生平台,实现城市资源的优化配置和高效利用。例如,在防洪排涝方面,数字孪生平台可以协调城市排水系统、交通系统等多个部门的工作,提高防洪排涝的效率和效果。

数字孪生技术还可以推动新材料、新能源等产业的发展。通过模拟和分析新材料、新能源在水利工程中的应用效果,为相关产业的发展提供技术支撑和数据支持。同时,数字孪生技术还可以促进新材料、新能源等产业与水利工程产业的深度融合,共同推动产业的创新发展。

3.4 推动国际交流与合作

随着数字孪生技术在水利工程中的广泛应用,各国可以分享自己的应用经验和成果。这种分享不仅有助于各国相互借鉴、共同进步,还可以促进国际间的技术交流和合作。通过分享经验和成果,各国可以共同推动数字孪生技术的创新和发展。

国际合作是推动数字孪生技术创新和发展的的重要途径。各国可以加强在数字孪生技术领域的合作与研发,共同攻克技术难题,推动技术的创新和应用。通过国际合作,各国可以共同分享数字孪生技术带来的利益,推动全球水利事业的发展。

随着数字孪生技术的不断发展和完善,其在国际市场上的应用前景将更加广阔。各国可以积极拓展国际市场,推广自己的数字孪生技术产品和服务。同时,各国还可以加强与其他国家和地区的合作,共同开拓新的市场和机遇,推动全球水利事业的繁荣发展。

4 结语

数字孪生技术在现代化水利工程中的应用具有广阔的前景和潜力。在提高设计效率和质量、实现智能化运维管理、促进产业融合和创新发展以及推动国际交流与合作等方面都有强大的支持,数字孪生技术将为水利工程的可持续发展注入新的活力和动力。随着技术的不断发展和完善,数字孪生技术将在水利工程领域发挥更加重要的作用,为人类的生存和发展作出更大的贡献。

[参考文献]

- [1]宋敏,周伊文.数字孪生技术赋能水利工程建设管理路径[J].水利经济,2023,41(06):73-78+113.
- [2]张玉华.基于数字孪生技术的水利工程安全管理系统构建[J].水上安全,2023,(14):49-51.
- [3]李鑫,韦志成.浅析数字孪生技术在水利工程建设中的应用与潜力[C]//中国水利学会.2023中国水利学术大会论文集(第一分册).水利部河湖保护中心;广西珠委南宁勘测设计院有限公司,2023:4.
- [4]赵溪.数字孪生技术在水利工程运行管理中的应用研究[C]//河海大学,珠江水利委员会珠江水利科学研究院,中国疏浚协会,广东省水利水电科学研究院,广东省水利学会.2023(第十一届)中国水生态大会论文集.山东黄河信息中心,2023:3.
- [5]史亚平,王佳丽,徐世雄.数字孪生技术在智慧水利工程中的应用与发展阐述[J].城市建设理论研究(电子版),2023,(24):211-213.